

⑫ 公開特許公報(A)

平1-160785

⑪ Int. Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成1年(1989)6月23日

B 62 D 57/02
B 25 J 5/00B-2123-3D
C-8611-3F

審査請求 未請求 発明の数 1 (全6頁)

⑭ 発明の名称 曲面追従用移動ロボット

⑮ 特 願 昭62-316239

⑯ 出 願 昭62(1987)12月16日

⑰ 発 明 者 内 藤 紳 司 茨城県日立市森山町1168番地 株式会社日立製作所エネルギー研究所内

⑰ 発 明 者 木 伏 春 夫 茨城県日立市森山町1168番地 株式会社日立製作所エネルギー研究所内

⑰ 発 明 者 小 池 正 浩 茨城県日立市森山町1168番地 株式会社日立製作所エネルギー研究所内

⑰ 発 明 者 綿 引 誠 之 茨城県日立市幸町3丁目1番1号 株式会社日立製作所日立工場内

⑰ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

⑰ 代 理 人 弁理士 小川 勝男 外2名

明 細 書

1. 発明の名称

曲面追従用移動ロボット

2. 特許請求の範囲

1. 相互に回転またはスライド自在に接続して連鎖をなす2個以上のリンクと、

当該リンク間に装備して、リンク間相互を回転またはスライド運動させるアクチュエータと、
から成り、連鎖末端のリンクを物体表面に交互に接触させて移動する移動機構において、

上位側に回転自在に接続され、下位側を3分割した3点支持構造を

連鎖末端のリンクの先に階層的に接続したことを特徴とする、曲面追従用移動ロボット。

2. 特許請求の範囲第1項において、物体表面への接地点に、磁石あるいは吸盤等の吸着装置を回転自在に接続して、物体表面に吸着しながら移動が可能な曲面追従用移動ロボット。

3. 特許請求の範囲第1項において、前記3点支持構造を階層的に接続して、最下位の部分に回

転自在な車輪を設置し、物体表面走行する曲面追従用移動ロボット。

4. 特許請求の範囲第3項において、磁石等の吸着装置で構成した車輪を使用し、物体表面に吸着して走行が可能な曲面追従用移動ロボット。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は、移動ロボットの脚または車輪が移動対象の物体表面に接する部分の構造に係わり、特に曲面や凹凸の存在する面上の移動に適したロボットの移動機構に関する。

〔従来の技術〕

任意形状の面上に物体を置く場合、物体が面に接する接地点が3個を超えると、面の形状によつて接しなくなる接地点が発生する。このことは、面上を移動する移動ロボットでも同じで、移動面の形状などによつて、移動面から脚が離れてしまったり、あるいは車輪が浮き上がってしまうりする。これに対処する方法として、移動体に対した車輪を弾性懸架する方法が広く用いられる。し

かしこの方法では移動体に外力が働くと傾いたりガタが発生し、移動方向や位置・姿勢が不安定になることは広く知られている。

一方、脚先端または車輪で移動面に吸着して重力に逆らいながら移動する壁面移動ロボットでは、別の問題が生ずる。このような壁面移動ロボットは、吸盤や磁石等の吸着装置を移動面に密着させることによって吸着力を生ずる。したがって移動面が平面の場合は、吸着装置を大形化するか個数を増やすことによって、より大きな吸着力を得ることができる。しかしながら移動面が曲面の場合は、任意形状の移動面に対し常時吸着するのは最低3個でしかない。すなわち吸着装置を多数持たせても、3個を超える吸着装置の吸着力は無駄になつてしまい、十分な吸着力を確保できない。吸着装置を弾性懸架する方法も考えられるが、弾性要素の変形に要した力だけ吸着力が減少してしまう。また、大形の吸着装置は移動面上の不整地に追従できないため、使用は難しい。

このために浮き上がった脚を能動的に伸縮して

上記目的は、移動ロボットが移動面に接する部分を3点支持構造とし、さらに3点支持構造の先端に別の3点支持構造を回転自在に繰り返し接続してゆく階層構造をとることにより達成される。

たとえば、脚を用いて歩行する形の移動ロボットにおいては、脚の先端を3分割し、分割された各部分の次端に、先が3分割された別の脚を回転自在に接続すればよい。必要ならば、このような脚の接続をさらに繰り返していけばよい。

車輪で走行する形の移動ロボットにおいては、3個の車輪の位置関係が固定された3輪構造を、3個集めて回転自在に接続すればよい。これも同様に、必要に応じてこのような3輪構造の接続を繰り返していけばよい。

〔作用〕

第1図と第2図は本発明の原理を説明するために、本発明の曲面追従用移動ロボットの脚を1本だけ取り出して示したものである。第1図は脚を平面上に置いた場合、第2図は曲面上に置いた場合を示している。

移動面に密着させることが考えられるが、機構が複雑になるため大形化、重量化は避けられない。機構を大形化しないで、ある程度の曲面上を移動できるようにする方法は、例えば第3回日本ロボット学会学術講演会予稿集(昭和60年11月)の第425～426頁に示されている。

〔発明が解決しようとする問題点〕

これは4個の吸着装置をもつ壁面移動ロボットだが、ロボット本体と各吸着装置の間に受動的な自由度を持たせて、ある程度の曲面に追従できるようにしている。しかしながら追従可能な曲面形状は限られている。例えば、吸着装置の接地点に局部的な凹凸が存在するような場合は、この吸着装置は最悪の場合吸着力を発揮できない。

本発明の目的は、移動ロボットが移動面に接する接地点が、任意形状の移動面に対して、常時浮き上がることなくすべて接するような脚構造のロボットを、弾性要素を用いずに実現することにある。

〔問題点を解決するための手段〕

フレーム1には3本の脚2a～2cが固定されており、各脚2a～2cにはサブフレーム4a～4cが自在継手3a～3cを介して回転自在に接続されている。脚2a～2cに対してサブフレーム4a～4cを回転自在に接続することにより、各サブフレームの位置関係や姿勢にかかわらず、フレーム1はサブフレーム4a～4cに追従することができる。

サブフレーム4aには3本の脚5a～5cが固定されており、それぞれの脚5a～5cには接地部6a～6cが固定されている。接地部6a～6cの形状を球とすることにより、サブフレーム4aは任意の移動面形状にならうことができる。見方を変えると、サブフレーム4aは接地部6a～6cを接地点として、移動面に対し脚5a～5cによつて3点支持されていることになる。サブフレーム4a, 4cについても同様に3点支持構造となつている。

以上をまとめると、フレーム1は脚2a～2cをもつて3点支持構造をなし、さらに各脚2a～

2cの先端にサブフレーム4a~4cが接続されて、それぞれが類似の3点支持構造をなしている。したがってこの機構は2階層の3点支持構造といえることができる。

このような機構を曲面上においた例が第2図である。サブフレーム14a~14cのなす3点支持構造はそれぞれ任意曲面に追従でき、さらにフレーム11はサブフレーム14a~14cの任意配置・姿勢に追従が可能である。したがって第2図の機構は、任意形状の移動面10に対して、脚15a~15hのいずれも浮き上がることなく追従が可能である。

また、移動面の凹凸が激しくて、これだけでは移動面の形状に追従できないような場合には、さらに階層化をはかることができる。たとえばフレーム1に自在継手7を介して回転自在にロッド8を取り付けた、第1図に示すような構造の脚を3個用意し、これをさらに上位のフレームに固定して、全体として3階層の3点支持構造とすることが考えられる。

表面性状に応じて、各種磁石・吸盤などから適当なものを選べばよい。この吸着装置27a~27cは、脚25a~25cに対して回転自在に接続することにより、移動面の形状にならうことができる。見方を変え、サブフレーム24aは自在継手26a~26cの回転中心を仮想接地点として、移動面に対し脚25a~25cによつて3点支持されていることになる。サブフレーム24b, 24cにおいても同様に3点支持構造となつている。

以上をまとめると、フレーム21は脚22a~22cをもつて3点支持構造をなし、さらに各脚22a~22cの先端にサブフレーム24a~24cが接続されて、それぞれが類似の3点支持構造をなしている。したがってこの機構は2階層の3点支持構造といえることができる。

このような機構を曲面上においた例が第4図である。サブフレーム34a~34cのなす3点支持構造はそれぞれ任意曲面に追従でき、さらにフレーム31はサブフレーム34a~34cの任意配置・姿勢に追従が可能である。したがって第4

〔実施例〕

以下、本発明の一実施例を、第3図と第4図を用いて説明する。第3図と第4図は、本発明を用いた壁面吸着移動用ロボットの脚を、1本だけ取り出して示したものである。第3図は脚を平面上に置いた場合、第4図は曲面上に置いた場合を示している。

フレーム21には3本の脚22a~22cが固定されており、各脚22a~22cにはサブフレーム24a~24cが自在継手23a~23cを介して回転自在に接続されている。脚22a~22cに対してサブフレーム24a~24cを回転自在に接続することにより、各サブフレームの位置関係や姿勢にかかわらず、フレーム21はサブフレーム24a~24cに追従することができる。このサブフレーム24aには3本の脚25a~25cが固定されており、それぞれの脚25a~25cには吸着装置27a~27cが自在継手26a~26cを介して回転自在に接続されている。吸着装置27a~27cは、移動面の材料・

図の機構は、任意形状の移動面40に対して、吸着装置37a~37hのいずれも浮き上がることなく追従が可能である。したがって本実施例によれば、壁面吸着移動用ロボットが有する吸着力を有効に利用することができ、大きな吸着力を確保できる。また任意形状の移動面に対しても吸着装置が剥離することがないため、必要最小限の吸着装置を装備すれば十分である。

ここで、本実施例の壁面吸着移動ロボット用の脚に、重力などの引張り荷重が作用した場合の挙動について調べてみる。第3図においてロッド29がフレーム21の重心に取り付けられているとすると、ロッド29に動く引張荷重30は脚22a~22cに均等に配分される。すなわち引張荷重30の大きさをWとすると、各脚22a~22cにはW/3の引張荷重が働くことになる。つぎに脚22aがサブフレーム24aの重心に取り付けられているとすると、脚22aに働く引張荷重は脚25a~25cに均等に分配され、その大きさはW/9となる。脚22b, 22cについ

ても同様で、各脚25d~25hに働く引張荷重の大きさは $W/9$ となる。すなわち脚全体に W の荷重が作用するとき、3点支持の n 回階層構造を用いることによつて、各脚に働く荷重を $W/3^n$ とすることができる。このことは任意形状の移動面について成立する。例えば第4図のような曲面からなる移動面40上において脚全体に大きさ W の引張荷重41が作用した場合、各脚35a~35hに作用する荷重は均等で、その大きさはやはり $W/9$ となる。従来の壁面吸着移動ロボットでは各脚に作用する荷重が不均一なため、ロボットに働く荷重が大きくなっても、吸着力以上の荷重が働いている吸着装置から順次剥離して落下するという問題があつた。本発明の方法を用いると特定の吸着装置から剥離することはなく、吸着装置単体の吸着力にその個数を乗じた値の吸着力を有するロボットが実現できる。

また別の実施例として、さらに階層化をはかることが考えられる。たとえば、第3図のようにフレーム21に自在継手28を介して回転自在にロ

~56dが固定されており、それぞれに自在継手57a~57dを介して吸着装置58a~58eが接続されている。また、主脚51bについても主脚51aと全く同様の構造となつている。歩行動作は、一方の主脚を移動面に吸着させた状態で他方の主脚を移動面から持ち上げ、さらに前方へ送る動作を交互に行なうことで実現できる。本体50には一方の主脚を持ち上げた際のバランスを取るために、カウンターウエイト60が装備されている。カウンターウエイト60は脚上げ動作と同期してアーム61によつて矢印62のように回転運動する。本実施例によれば、任意傾斜で任意形状の移動面上を、必要最小限の吸着力が吸着しながら歩行できる。

以上の実施例は歩行型の移動ロボットについて述べてきたが、本発明は車輪走行型の移動ロボットについても適用できる。すなわち第1図において、接地部6を車輪に置き換えることにより、任意形状の移動面に対してどの車輪も浮き上がることなく追従走行が可能である。

ソッド29を取り付けた構造の脚を3個用意し、これをさらに上位のフレームに固定して、全体として3階層の3点支持構造とすることが考えられる。本実施例によれば、移動面の凹凸が激しくて2階層では移動面の形状に追従できない場合でも、階層数を上げることによつて任意形状の移動面に追従が可能である。また、2階層では吸着力が不足する場合でも、階層数を上げて吸着装置を増やすことにより必要な吸着力を確保できる。

第5図は本発明の脚構造を用いた2足歩行型の壁面吸着移動ロボットの一実施例である。本体50には、モータや減速機から成る内蔵の駆動機構によつて駆動される2本の主脚51a, 51bが装備されている。主脚51aの先は、吸着力制御装置を内蔵した第1フレーム52に接続されている。この第1フレーム52aには3本の副脚53a, 53bが固定されており、それぞれの自在継手54a, 54bを介して第2フレーム55a, 55bが接続されている。さらに第2フレーム55a, 55bにはそれぞれ3本ずつの副脚56a

また第3図において、自在継手26と吸着装置27を、たとえば磁石製車輪に置き換えることにより、任意形状の移動面に対してどの車輪も剥離する事なく吸着走行が可能である。また本体に引張荷重 W が作用する場合、各磁石製車輪に作用する荷重は、歩行型の場合と同じく $W/9$ で均等である。磁石製車輪は1個あたりの吸着力がきわめて小さいため、これまで車輪走行型の壁面吸着移動ロボットは実現されなかつた。しかし本発明によれば、車輪数を任意に増やすことができるので必要な吸着力を比較的容易に得ることができ、さらに特定の車輪から順次剥離して吸着力を失なうこともないため、壁面吸着移動ロボットが車輪走行型でも実現できる。

〔発明の効果〕

本発明によれば、移動ロボットが移動面に接する接地点が、任意形状の移動面に対して浮き上がることなく、常時接する脚構造の移動ロボットを実現できる。すなわちこの移動ロボットは、うねりや凹凸のある壁面に対して追従することが可能

になる。しかも脚部に弾性要素を用いていないため、移動ロボットに外力が加わっても移動方向や位置・姿勢が不安定になることはない。

さらに移動ロボット本体に作用する荷重を各脚に均等に分散することができる。したがって、重力に逆らって壁面に吸着移動するロボットでは、特定の吸着装置から順次剥離して吸着力を失うことなく、吸着装置の数に比例した吸着力を発揮できる。

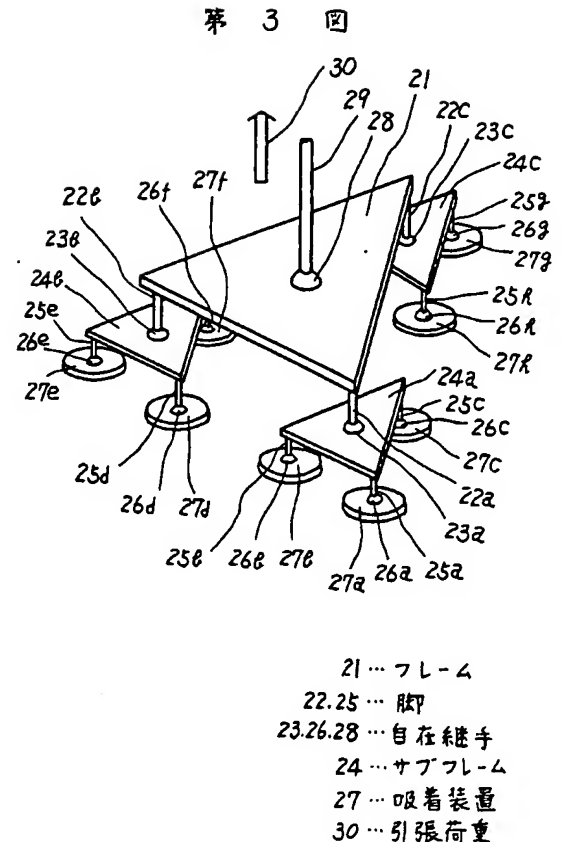
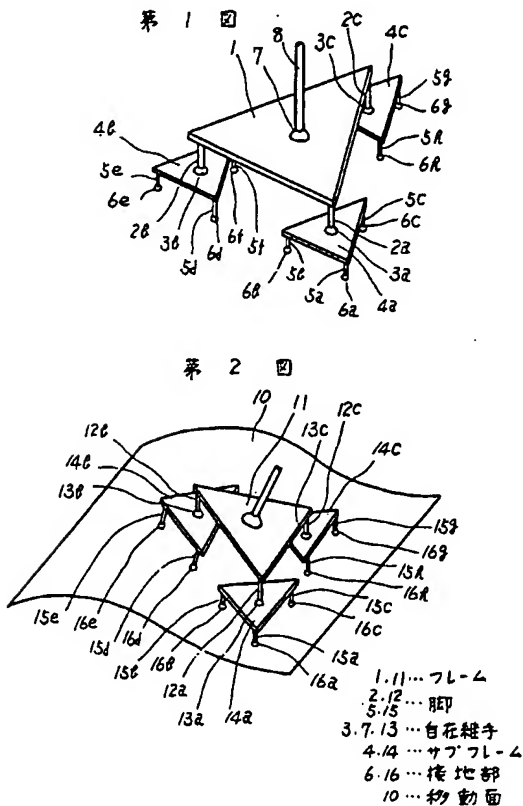
4. 図面の簡単な説明

第1図、第2図は本発明の原理を示す斜視図、第3図、第4図は本発明を壁面吸着移動ロボットの脚に適用した場合の一実施例の斜視図、第5図は本発明の移動ロボットの一実施例の斜視図である。

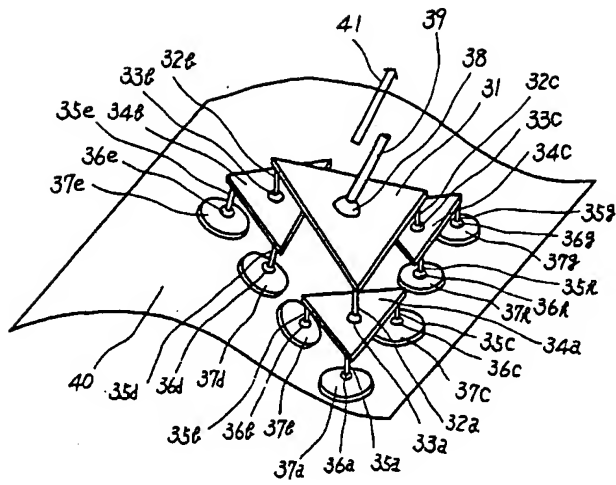
1, 11, 21, 31…フレーム、2, 5, 12, 15, 22, 25, 32, 35…脚、3, 7, 13, 23, 26, 28, 33, 36, 38, 54, 57…自在継手、4, 14, 24, 34…サブフレーム、6, 16…接地面、27, 37,

51…主脚、52…第1フレーム、53, 56…副脚、55…第2フレーム、58…吸着装置、

代理人 弁理士 小川勝男

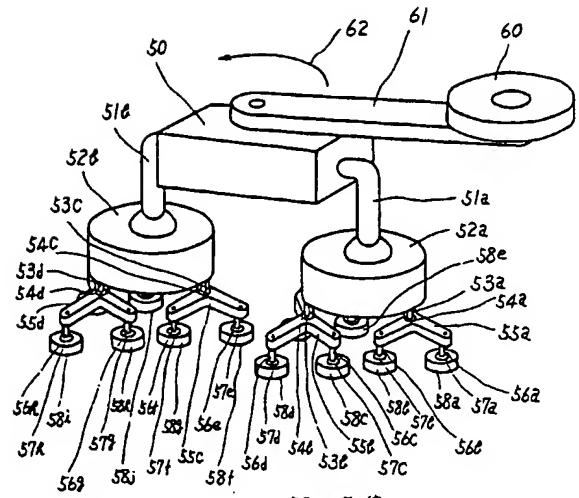


第 4 図



- 31... フレーム
 32, 35... 脚
 33, 36, 38... 自在継手
 34... サブフレーム
 37... 吸着装置
 40... 移動面
 41... 引張荷重

第 5 図



- 50... 本体
 51... 主脚
 52... 第1フレーム
 53, 56... 副脚
 54, 57... 自在継手
 55... 第2フレーム
 58... 吸着装置